

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11037163  
PUBLICATION DATE : 09-02-99

APPLICATION DATE : 16-07-97  
APPLICATION NUMBER : 09191241

APPLICANT : NTN CORP;

INVENTOR : MORI SEIJI;

INT.CL. : F16C 33/58 C21D 1/10 C21D 9/40

TITLE : INNER RING FOR ROLLING BEARING AND HEAT TREATMENT METHOD THEREOF

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the generation of a crack even in case of being used in a high temperature device or a high speed rotating device and facilitate manufacture by induction-hardening the raceway surface positioned on the outer peripheral surface side so as to be put in a compressive stress state.

SOLUTION: The raceway surface positioned on the outer peripheral surface side of an inner ring is induction-hardened so as to be put in a compressive stress state. Because of being induction-hardened, texture near the raceway surface is transformed into martensite and is going to expand. A core part of the inner ring, on the other hand, is not transformed into martensite so as to suppress the expansion of the raceway surface. As a result, the raceway surface is put in a compressive stress state, and a crack of the inner ring can be prevented. It is desirable that the Rockwell C hardness difference between the raceway surface and the inner ring core part is 8 or more. With this constitution, the raceway surface and inner diameter surface of the inner ring formed of bearing steel, alloy steel or carbon steel have necessary strength, and the core part has low hardness so as to be able to obtain high crack fatigue strength equal to cemented steel.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-37163

(43)公開日 平成11年(1999) 2月9日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

F 1 6 C 33/58

F 1 6 C 33/58

C 2 1 D 1/10

C 2 1 D 1/10

B

H

9/40

9/40

A

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 5 頁)

(21)出願番号

特願平9-191241

(22)出願日

平成9年(1997) 7月16日

(71)出願人 000102692

エヌティエヌ株式会社

大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号

(72)発明者 田中 広政

三重県桑名市大字西別所643番地の17

(72)発明者 伊藤 勝教

愛知県西春日井郡清洲町土田1丁目10-4

(72)発明者 森 政治

三重県桑名市大字安永565番地

(74)代理人 弁理士 深見 久郎 (外3名)

(54)【発明の名称】 転がり軸受の内輪およびその熱処理方法

(57)【要約】

【課題】 高温装置や高速回転装置で使用されても割れが生じにくくかつ製造が容易な転がり軸受の内輪を提供する。

【解決手段】 転がり軸受の内輪は、外周面に位置する軌道面を高周波焼入して軌道面を圧縮応力状態にしたものである。また、軌道面のHRCと外輪芯部のHRCとの差が8以上であることが好ましい。さらに、軌道面のHRCと内径面のHRCの差が5以上であることが好ましい。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外周面側に位置する軌道面を高周波焼入して前記軌道面を圧縮応力状態にした、転がり軸受の内輪。

【請求項 2】 前記軌道面の HRC（Cスケールのロックウェル硬度）と内輪芯部の HRC との差が 8 以上である、請求項 1 に記載の転がり軸受の内輪。

【請求項 3】 前記軌道面の HRC と内径面の HRC との差が 5 以上である、請求項 1 または 2 に記載の転がり軸受の内輪。

【請求項 4】 内径面の HRC と内輪芯部の HRC との差が 8 以上である、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の転がり軸受の内輪。

【請求項 5】 高周波焼入された前記軌道面の HRC が 5 8 以上である、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の転がり軸受の内輪。

【請求項 6】 内径面の HRC が 4 8 ～ 5 5 である、請求項 1 ～ 3 または 5 のいずれか 1 項に記載の転がり軸受の内輪。

【請求項 7】 外周面側に位置する軌道面が圧縮応力状態になるように前記軌道面を高周波焼入する、転がり軸受の内輪の熱処理方法。

【請求項 8】 転がり軸受の内輪の内径面と外周面側に位置する軌道面を高周波で加熱し、前記内径面を冷却する速度よりも速い冷却速度で前記軌道面を冷却する、転がり軸受の内輪の熱処理方法。

【請求項 9】 転がり軸受の内輪の内径面と外周面側に位置する軌道面とを高周波で加熱し、前記内径面と前記軌道面とを冷却する、転がり軸受の内輪の熱処理方法。

【請求項 1 0】 転がり軸受の内輪の内径面を高周波で加熱した後冷却し、その後、外周面側に位置する軌道面を高周波で加熱した後冷却する、転がり軸受の内輪の熱処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】この発明は、転がり軸受の内輪およびその熱処理方法に関し、特に、高い嵌め合い応力下で使用される自動調心ころ軸受の内輪およびその熱処理方法に関するものである。

## 【0 0 0 2】

【従来の技術】転がり軸受のうち、2 列の軌道を持つ内輪と、球面状の軌道を持つ外輪との間に球面ころを組込んだ自動調心ころ軸受は、ラジアル荷重と両方向のスラスト荷重を負荷することができ、しかもラジアル負荷能力が大きく、重荷重や衝撃荷重の作用する用途に適しているため、抄紙機械などの大型機械に使用される。

【0 0 0 3】この自動調心ころ軸受のうち、内輪の内径がテーパ穴となったものは、テーパ軸へ押込んでセットされ、押込み量によって残留隙間と締めしろを調整して使用される。押込みにより軸受の内輪は膨張し引張応力

を受ける。抄紙機械ドライヤなどに代表される大型高温装置では、中空軸の中を高温の蒸気や油が通るため、運転時には内輪との温度差によって軸が膨張して、引張応力、すなわち内輪と軸との間の嵌め合い応力がさらに増大する傾向にある。

## 【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】大きな嵌め合い応力下で使用される内輪は、内輪軌道面が引張応力を加えられた状態で、転動体から繰返し応力を受けるので、軌道面表面近傍の応力集中源（非金属介在物、微小剥離、錆など）が存在すると、そこを起点として疲労き裂が軸方向に進展し、内輪が軸方向に割れる可能性が考えられる。この現象は、抄紙機械の軸受などの高温装置のみならず、高速回転される自動調心ころ軸受でも内輪の軌道面が大きな引張応力を受けるために損傷の発生する可能性が高くなることも予想される。

【0 0 0 5】もし内輪軌道面にこのような応力集中源があっても上記した損傷が生じる可能性を限りなく小さくすることが機械の信頼性を向上させる意味からも必要とされる。

【0 0 0 6】この対策の 1 つに、高温装置において、軸を冷却することが考えられるが、装置構成が複雑となるため、一般的な手法とは言い難い。また、遠心力の増大による引張応力の発生は、遠心力を軽減する、すなわち、回転数を小さくしない限り避けられないのでこれも現実的ではない。

【0 0 0 7】一方、内輪の材質として、浸炭鋼を用いることで内輪割れの対策となるが、浸炭焼入処理は通常のずぶ焼入処理と比較すると処理時間が長くなり、軸受製造コストが高くなるという問題がある。

【0 0 0 8】また、高炭素クロム軸受鋼を油焼入する際の冷却速度をコントロールして割れに強い軸受を製造する技術も知られているが、冷却速度のコントロールが難しく、さらに、素材の焼入特性を調整するのが難しいという問題がある。

【0 0 0 9】そこで、この発明は上述のような問題点を解決するためになされたものであり、高温装置や高速回転装置で使用しても割れが生じにくく、かつ、製造が容易な転がり軸受の内輪とその熱処理方法を提供することを目的とするものである。

## 【0 0 1 0】

【課題を解決するための手段】発明者らは、内輪割れの原因について詳細に検討した結果、以下のことを発見した。

【0 0 1 1】内輪割れが発生するのは軌道面に大きな引張応力が加えられた状態で内輪が使用されるからであり、この引張応力を小さくする、さらに好ましくは圧縮応力にすれば内輪割れは発生しない。

【0 0 1 2】軌道面に圧縮応力を付与するためには、軌道面をマルテンサイト変態させ、内輪の芯部はマルテン

サイト変態させないことが有効である。

【0013】このような検討結果に基づきなされたこの発明の転がり軸受用の内輪は、外周面側に位置する軌道面を高周波焼入して軌道面を圧縮応力状態にしたものである。

【0014】以上のように構成された転がり軸受の内輪においては、軌道面が高周波焼入されているため、軌道面付近の組織がマルテンサイト変態し、膨張しようとする。一方、高周波焼入によれば、内輪の芯部はマルテンサイト変態しないため、この芯部が軌道面の膨張を抑えようとする。その結果、軌道面が圧縮応力状態となり、内輪の割れを防止することができる。

【0015】また、軌道面のHRC（Cスケールのロックウェル硬度）と内輪芯部のHRCとの差が8以上であることが好ましい。ここで、「内輪芯部」とは、内輪の内部のうち、軌道面と内径面とからほぼ等しい距離にある部分をいう。

【0016】また、軌道面のHRCと内径面のHRCとの差が5以上であることが好ましい。

【0017】さらに、内径面のHRCと内輪芯部のHRCとの差が8以上であることが好ましい。

【0018】またさらに、高周波焼入された軌道面のHRCが58以上であることが好ましい。

【0019】また、内径面のHRCが48～55であることが好ましい。この発明に従った転がり軸受の内輪の熱処理方法は、転がり軸受の内輪の外周面側に位置する軌道面が圧縮応力状態になるように軌道面を高周波焼入するものである。

【0020】この方法に従えば、軌道面に圧縮応力を付与するため、割れが生じにくい内輪を提供することができる。

【0021】この発明の別の局面に従った転がり軸受の内輪の熱処理方法は、転がり軸受の内輪の内径面と外周面側に位置する軌道面とを高周波で加熱し、内径面を冷却する速度よりも速い冷却速度で軌道面を冷却するものである。

【0022】この方法に従えば、軌道面が急速に冷却されるため、軌道面はマルテンサイト変態して膨張する。このとき、内径面はゆっくりと冷却されるため、また、内輪の内部はあまり加熱されないため、いずれもマルテンサイト変態しない。その結果、内径面と芯部は膨張せ\*

\*ず、芯部が軌道面の膨張を抑えることになり、軌道面が圧縮応力を受け、割れの生じにくい内輪を提供することができる。

【0023】また、この発明のさらに別の局面に従った転がり軸受の内輪の熱処理方法は、転がり軸受の内輪の内径面と外周面側に位置する軌道面とを高周波で加熱し、内径面と軌道面とを冷却するものである。

【0024】この方法に従えば、軌道面が高周波で加熱され、内輪の芯部はあまり加熱されないため、軌道面ではマルテンサイト変態が生じ、芯部ではあまり変態しない。その結果、膨張しようとする軌道面を芯部が抑えることになり、軌道面に圧縮応力が付与され、割れが生じにくい内輪を提供することができる。また、内径面も高周波焼入されるため、内径面の硬度が上がり、内径面の耐摩耗性が向上する。

【0025】この発明のさらに別の局面に従った転がり軸受の内輪の熱処理方法は、転がり軸受の内輪の内径面を高周波で加熱した後冷却し、その後、外周面側に位置する軌道面を高周波で加熱した後冷却するものである。

【0026】この方法に従えば、まず内径面が焼入されるため内径面が硬くなるが、その後外径面を焼入する際に、この加熱の影響を受けて内径面が焼戻されて最適な硬さとなる。一方、外径面は高周波で加熱され、その後冷却されるので、マルテンサイト変態を起こす。芯部はあまり加熱されないため、マルテンサイト変態を起こさず、膨張しようとする軌道面を抑える働きをする。その結果、軌道面に圧縮応力が付与され、割れにくい内輪を提供することができる。

【0027】

【実施例】

サンプルの作成

条件1（サンプルNo. 1～4の作成）

表1で示す鋼種からなるJIS呼番NU2215/60の円筒ころ軸受の内輪全体を高周波で温度860～880℃まで加熱し、軌道面が形成される外周面を水溶性冷却材5%を含んだ水を用いて急冷した（冷却速度40℃/s）。一方、内径面は空冷した。次に、内輪を温度180℃で1時間焼戻をして表1で示すサンプルNo. 1～4を得た。

【0028】

【表1】

| サンプル<br>No. | 鋼種     | 内径面<br>のHRC | 軌道面<br>のHRC | 軌道面の残留応力<br>(MPa) |
|-------------|--------|-------------|-------------|-------------------|
| 1           | SUJ2   | 45          | 61          | -200              |
| 2           | SUJ3   | 45          | 61          | -200              |
| 3           | SCM440 | 48          | 59          | -180              |
| 4           | S53C   | 41          | 60          | -230              |

軌道面の残留応力は、軌道面の表面下0.3～0.5mmの部分の平均値

【0029】表1中「軌道面の残留応力」が負のものは残留圧縮応力であることを示す。表2、3でも同様であ

る。

【0030】なお、これらのいずれのサンプルにおいて

も、内径面で硬度が一番小さく、軌道面に近づくに従って硬度が増加した。

【0031】条件2（サンプルNo. 5～8の作成）

表2で示す鋼種からなるJIS呼番NU2215/60

の円筒ころ軸受の内輪の内径面と軌道面を温度860～\*

\*880℃に加熱し、両面を同時に冷却した（冷却速度40℃/s）。内輪を温度180℃で1時間焼戻して表2に示すサンプル5～8を得た。

【0032】

【表2】

| サンプル<br>No. | 鋼種     | 内径面<br>の HRC | 芯部<br>の HRC | 軌道面<br>の HRC | 軌道面の残留応力<br>(MPa) |
|-------------|--------|--------------|-------------|--------------|-------------------|
| 5           | SUJ2   | 61           | 45          | 61           | -180              |
| 6           | SUJ3   | 61           | 45          | 61           | -180              |
| 7           | SCM440 | 59           | 48          | 59           | -150              |
| 8           | S53C   | 60           | 42          | 60           | -200              |

軌道面の残留応力は、軌道面の表面下0.3～0.5mmの部分の平均値

【0033】なお、サンプル5～8の内部硬度は、内径面から芯部へ近づくにつれて小さくなって芯部で最小となり、さらに、芯部から軌道面へ近づくにつれて大きくなった。

【0034】条件3（サンプルNo. 9～12の作成）

表3で示す鋼種からなるJIS呼番NU2215/60

の円筒ころ軸受の内輪の内径面を高周波で加熱して温度

860～880℃とし内径面を急冷した（冷却速度40※20

※℃/s）。この内輪を温度180℃で1時間焼戻したところ、内径面の硬度は表2に示す値と同様のものとなった。次に、軌道面を高周波で加熱して温度860～880℃とし急冷した（冷却速度40℃/s）。この内輪を温度180℃で1時間焼戻して表3で示すサンプルNo. 9～12を得た。

【0035】

【表3】

| サンプル<br>No. | 鋼種     | 内径面<br>の HRC | 軌道面<br>の HRC | 軌道面の残留応力<br>(MPa) |
|-------------|--------|--------------|--------------|-------------------|
| 9           | SUJ2   | 48           | 61           | -160              |
| 10          | SUJ3   | 48           | 61           | -160              |
| 11          | SCM440 | 49           | 59           | -130              |
| 12          | S53C   | 40           | 60           | -200              |

軌道面の残留応力は、軌道面の表面下0.3～0.5mmの部分の平均値

【0036】なお、サンプルNo. 9～12について、内径面の硬度が表2で示す値よりも小さくなっているのは、軌道面を加熱する際の熱の影響を受けて内径面の硬度が低下したためである。また、内輪の硬度は内径面で一番小さく、軌道面に近づくにつれて増加した。

【0037】（サンプルNo. 13～15の作成）比較例として、JIS呼番NU2215/60の円筒ころ軸受の内輪を以下の条件で処理してサンプルNo. 13～15を得た。

【0038】SUJ2を温度850℃で70分保った後、温度120℃の油で焼入れをした。次に、このSUJ2を温度180℃で120分保って焼戻してサンプルNo. 13を得た。

【0039】SUJ3を温度825℃で70分保った後、温度120℃の油で焼入れをした。次に、このSUJ3を温度180℃で120分保って焼戻してサンプル★

★No. 14を得た。

【0040】SCR420を浸炭性ガス中、温度890℃で96分、温度920℃で72分、温度950℃で240分、温度910℃で72分、および温度860℃で72分の順に保って浸炭した後、温度120℃の油で焼入れをした。次に、このSCR420を温度180℃で120分保って焼戻してサンプルNo. 15を得た。

【0041】割れ疲労寿命試験

サンプルNo. 1～15について、内輪の軌道面に長さ5mm、幅0.2mm、深さ0.25mmの人工傷を放電加工で付与した。この内輪を軸受に組込んで試験軸受とし、転動により内輪割れが発生するか否かを調べた。

40 試験条件を表4に示す。

【0042】

【表4】

| 試験機    | 軸受寿命試験機               |
|--------|-----------------------|
| 試片     | NU2215/60の内輪          |
| 人工きず   | 長さ5mm、幅0.2mm、深さ0.25mm |
| はめ合い応力 | 294MPa                |
| 軸受荷重   | 33.3KN                |
| 負荷速度   | 2000rpm               |
| 潤滑     | タービン油 VG56 循環給油       |

【0043】本試験条件での軸受の計算寿命は766時間であるので、計算寿命以上である1100時間を試験打ち切り時間とした。

\* 【0044】試験結果を表5に示す。

【0045】

\* 【表5】

| サンプル<br>No. | 鋼種     | 熱処理条件 | 寿命          | f/n | 損傷状況 |
|-------------|--------|-------|-------------|-----|------|
| 1           | SUJ2   | 条件 1  | >1100h      | 0/5 | 未破損  |
| 5           |        | 条件 2  | >1100h      | 0/5 | 未破損  |
| 9           |        | 条件 3  | >1100h      | 0/5 | 未破損  |
| 2           | SUJ3   | 条件 1  | >1100h      | 0/5 | 未破損  |
| 6           |        | 条件 2  | >1100h      | 0/5 | 未破損  |
| 10          |        | 条件 3  | >1100h      | 0/5 | 未破損  |
| 3           | SCM440 | 条件 1  | >1100h      | 0/5 | 未破損  |
| 7           |        | 条件 2  | >1100h      | 0/5 | 未破損  |
| 11          |        | 条件 3  | >1100h      | 0/5 | 未破損  |
| 4           | S53C   | 条件 1  | L50=985.8h  | 2/5 | 内輪剥離 |
| 8           |        | 条件 2  | L50=983.8h  | 3/5 | 内輪剥離 |
| 12          |        | 条件 3  | L50=1047.0h | 2/5 | 内輪剥離 |
| 13          | SUJ2   | 標準熱処理 | L50=25.9h   | 6/6 | 内輪割れ |
| 14          | SUJ3   | 標準熱処理 | L50=29.1h   | 6/6 | 内輪割れ |
| 15          | SCR420 | 浸炭焼入  | >1100h      | 0/5 | 未破損  |

【0046】表5中の「f/n」は、n個について試験を行なったところ、f個について破損が生じたことを示す。また、破損が生じたサンプルについては、破損に至るまでの時間をワイブル分布にして50%寿命を算出し、50%寿命を表5中「L50」として示した。さらに、全数について破損が生じなかったものについては、打ち切り時間を示した。

【0047】表5からわかるように、比較例としてのSUJ2およびSUJ3の標準熱処理品（サンプルNo. 13および14）は、12個の検査数のうちのすべてについて人工傷から割れが発生した。比較例の浸炭品（サンプルNo. 15）、SUJ2、SUJ3およびSCM440からなる高周波焼入サンプル（サンプルNo. 1～3、5～7、9～11）は、すべての検査体において破損が生じなかった。S53CからなるサンプルNo. 4、8、12は、人工傷を起点にして剥離が発生したものがあつた。この結果から、嵌め合い応力下で用いられる軸受の内輪割れは、軌道面を硬度を高くし、芯部または内径部の硬度を低くして軌道面表層部を圧縮応力とすることにより防止できることがわかる。なお、サンプルNo. 1～12の製造コストは、浸炭品（サンプルNo. 15）の製造コストより低かつた。

【0048】また、実施例の熱処理条件3では、軌道面からの加熱、焼入時の熱影響で内径側の硬度を下げたが、優れた品質を得るためには、内径面を焼入した後温度300～400℃で1時間高温焼戻を行ない、内径面の硬度を表3で示す値にした後外径面を焼入して表3で示す硬度にすることも可能である。この方法に従って製

造したサンプルについて表4と同じ条件で割れ疲労強度を測定したところ、サンプルNo. 9～12と同様の結果を得た。所定の硬度分布を得るには、この方法の方が確実である。

【0049】以上、この発明の実施例について説明したが、ここで示した実施例ではさまざまに変形可能である。まず、転がり軸受を構成する鋼として、他の高炭素クロム軸受鋼を使用することも可能であり、また、ここで示した鋼以外の構造用合金鋼や構造用炭素鋼を使用することもできる。また、加熱条件や焼戻条件は鋼種に応じて変えることが可能である。今回開示された実施例はすべての点で例示であつて制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0050】

【発明の効果】この発明によれば、転がり軸受の内輪の熱処理に高周波焼入を用いることにより軸受鋼（SUJ2、SUJ3）、合金鋼（SCM440等）または炭素鋼（S53C等）からなる軸受内輪の軌道面および内径面を必要な強度にし、芯部を低い硬度にして軌道面に圧縮応力を付与することにより、浸炭鋼に匹敵する高い割れ疲労強度を有する軸受を実現させることができる。また、軌道面を硬化させ、内径面をこれより低い硬度にしても浸炭鋼に匹敵する高い割れ疲労強度を有する軸受を実現することができる。